

■ 胡松涛 史自强 主编

暖通空调专业

2007注册公用设备工程师考试

精讲精练

专业课



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

2007注册公用设备工程师考试

专业课精讲精练·暖通空调专业

胡松涛 史自强 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书以《注册公用设备工程师（暖通空调）执业资格考试专业考试大纲》为依据，结合现行国家规划的教材和相关工程设计规范标准，按照大纲的“了解、熟悉、掌握”三个层次要求。同时对照大纲要求编写针对性较强的复习题及解题指导，以提高考生复习备考的效率。本书融理论性、技术性、实用性、训练性为一体，可作为注册公用设备工程师暖通空调工程专业考试的复习资料，也可作为高等院校暖通空调及相关专业师生的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

2007 注册公用设备工程师考试专业课精讲精练 暖通空调专业/胡松涛，史自强主编. —北京：中国电力出版社，2007

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5600 - 6

I. ②… II. ①胡…②史… III. ①城市公用设施 - 工程师 - 资格考核 - 自学参考资料②采暖设备 - 建筑设计 - 工程师 - 资格考核 - 自学参考资料③通风设备 - 建筑设计 - 工程师 - 资格考核 - 自学参考资料④空气调节设备 - 建筑设计 - 工程师 - 资格考核 - 自学参考资料 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 055469 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 [http: // www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn)

责任编辑：张鹤凌 梁瑶 责任印制：陈焊彬 责任校对：罗凤贤

北京市铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2007 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·21.5 印张·534 千字

定价：39.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话（010 - 88386685）

编委会成员

主编：胡松涛 史自强

编委：（排名不分先后）

崔红社 李绪泉 刘国丹 王刚 张吉光 曹银妹 郭玮 王永春

前 言

根据人事部、建设部 2001 年发布的《勘察设计注册工程师制度总体框架及实施规划》和 2003 年发布的《注册公用设备工程师执业资格制度暂行规定》等文件要求,在我国即将实行注册公用设备工程师执业资格制度,对注册公用设备师进行执业资格考试。为了帮助参加考试人员系统全面地做好考试前的准备工作,根据《注册公用设备工程师暖通空调专业考试大纲》的要求,由青岛理工大学暖通教研室组织有经验的教师编写了本书。本书以现行的本专业规范和标准为基础,紧扣考试大纲,力求“精讲、精练”。在考试题的内容选择上,力求全面、难度适中的原则。在理解的基础上,通过进行典型试题的练习,达到灵活应用,以利于指导复习。

《注册公用设备工程师考试专业课精讲精练·暖通空调专业》全书共包括 6 章。参与本书编写的人员如下:

第 1 章 采暖	李绪泉 崔红社
第 2 章 通风	刘国丹 王刚 史自强 王永春
第 3 章 空气调节	刘国丹 王刚 胡松涛
第 4 章 制冷技术	史自强
第 5 章 空气洁净技术	张吉光
第 6 章 民用建筑房屋卫生设备	曹银妹 郭玮

胡松涛、史自强同志负责全书的统稿工作。

因编写时间仓促,编写人员的水平与经验不足,其中难免有不足与错误之处,敬请广大读者提出宝贵意见,以便我们进行修改完善。

编者

目 录

前言

第 1 章 采暖	1
1.1 建筑热工	1
1.1.1 围护结构的热阻	1
1.1.2 围护结构的最小传热阻	1
1.2 采暖热负荷计算	2
1.2.1 围护结构的耗热量	2
1.2.2 冷风渗入的耗热量	4
1.3 采暖系统及设备	4
1.3.1 采暖系统分类	4
1.3.2 重力循环热水采暖系统	5
1.3.3 机械循环热水采暖系统	6
1.3.4 高层建筑热水采暖系统	8
1.3.5 低压蒸汽采暖系统	9
1.3.6 高压蒸汽采暖系统	10
1.3.7 采暖设备与附件	12
1.4 采暖管道的水力计算	18
1.4.1 水力计算方法和要求	18
1.4.2 热水采暖系统的水力计算	19
1.4.3 蒸汽采暖系统的水力计算	21
1.5 采暖管道设计	21
1.5.1 采暖入口装置	21
1.5.2 采暖管道系统	22
1.6 热风采暖	24
1.6.1 热风采暖的适用场合	24
1.6.2 暖风机采暖	25
1.7 低温热水地板辐射采暖	26
1.7.1 低温辐射采暖系统的组成	26
1.7.2 采暖热负荷确定	27
1.7.3 辐射板散热量计算	27
1.7.4 加热盘管水力计算	27
1.7.5 低温热水辐射采暖设计中有关技术措施	28
1.8 住宅分户热计量采暖	28
1.8.1 热负荷计算	28
1.8.2 散热器的布置与安装	29
1.8.3 室内采暖系统	29

1.8.4 水力计算	31
1.8.5 计量系统	31
1.9 集中供热系统的热源	32
1.9.1 热电厂集中供热原理	32
1.9.2 区域锅炉房	33
1.9.3 集中供热系统热负荷的概算方法	33
1.10 集中供热管网	36
1.10.1 集中供热系统的热媒及其参数的选择	36
1.10.2 供热系统管网的设计	37
1.10.3 供热管网与热用户连接设计	40
1.10.4 热水换热器	44
1.10.5 热力站设计原则	45
1.10.6 热力管道设计	45
1.11 小区供热锅炉房	47
1.11.1 锅炉基本特性的表示	47
1.11.2 小区锅炉房	48
1.11.3 燃油、燃气锅炉房设计	55
复习题	58
复习题答案与提示	65
第2章 通风	70
2.1 全面通风	70
2.1.1 全面通风量的计算	70
2.1.2 空气的热量和风量平衡	71
2.1.3 全面通风的设计原则及气流组织设计	71
2.1.4 全面通风的气流组织设计	72
2.1.5 事故通风	73
2.2 自然通风	73
2.2.1 热压作用下的自然通风	73
2.2.2 风压作用下的自然通风	73
2.2.3 风压和热压同时作用下的自然通风	73
2.2.4 自然通风的计算	73
2.3 局部排风	74
2.3.1 局部排风罩	74
2.3.2 局部排风罩设计的基本原则	74
2.4 除尘与有害气体净化	75
2.4.1 除尘	75
2.4.2 有害气体的净化处理	77
2.5 通风管道系统与风机	78
2.5.1 通风管道系统	78
2.5.2 通风机	80
2.6 建筑防排烟	82

2.6.1 防火分区和防烟分区	82
2.6.2 自然排烟	83
2.6.3 机械加压送风防烟	84
2.6.4 机械排烟	85
2.6.5 通风空调系统防火防爆设计要点	86
2.6.6 防排烟设备	87
2.6.7 机械防排烟及空调通风系统防火控制程序	88
复习题	88
复习题答案与提示	94

第3章 空气调节 99

3.1 湿空气物理性质与焓湿图	99
3.1.1 湿空气性质及焓湿图	99
3.1.2 室内外空气参数的确定	101
3.1.3 空调房间围护结构建筑热工要求	102
3.2 空气调节负荷计算及送风量的确定	102
3.2.1 空调热湿负荷的计算任务	102
3.2.2 空调热湿负荷形成机理	102
3.2.3 空调负荷计算	103
3.2.4 送风量的确定	103
3.3 空调系统	104
3.3.1 空调系统的类别	104
3.3.2 常见的空调系统	104
3.4 空调设备的选择及计算	109
3.4.1 湿空气的处理途径	109
3.4.2 空调设备	111
3.5 空调冷热源设备	114
3.5.1 空调冷热源的选择	114
3.5.2 冷(热)水机组的主要性能比较	115
3.5.3 空调冷热源能源的选择	120
3.5.4 冷(热)水机组配置与设备机房设计	120
3.5.5 设备机房设计	121
3.6 气流组织的选择及其计算	121
3.6.1 风口空气流动规律	121
3.6.2 风口形式及气流组织形式	123
3.6.3 气流组织的计算	124
3.6.4 气流组织分布性能的评价	126
3.7 空调水系统	128
3.7.1 水力计算	128
3.7.2 空调水系统的形式	128
3.7.3 冷却水系统	129
3.7.4 水泵及水系统附件	130

3.8 空调自动控制及运行调节	132
3.8.1 基本知识	132
3.8.2 传感器	133
3.8.3 调节阀和执行器	134
3.8.4 冷热源及空调水系统的自动控制	135
3.8.5 空调系统的自动控制	136
3.9 空调系统的消声与隔振	138
3.9.1 噪声及室内噪声标准	139
3.9.2 空调系统的噪声	140
3.9.3 空调系统的噪声控制	141
3.9.4 设备与机房噪声控制	142
3.10 空调系统节能技术	143
3.10.1 冷热源系统的节能	143
3.10.2 空调系统的选择与划分	143
3.10.3 空调系统运行节能	144
3.10.4 建筑中的热回收	144
复习题	145
复习题答案与提示	150
第4章 制冷技术	158
4.1 蒸汽压缩式制冷的热力学原理	158
4.1.1 蒸汽压缩式制冷的理想循环	158
4.1.2 蒸汽压缩式制冷的理论循环	160
4.1.3 蒸汽压缩式制冷循环的热力计算	161
4.1.4 改善蒸汽压缩式制冷循环的措施	162
4.2 制冷剂 and 载冷剂	168
4.2.1 制冷剂	168
4.2.2 载冷剂	174
4.3 蒸汽压缩式制冷系统的四大部件及辅助设备	175
4.3.1 制冷压缩机	175
4.3.2 冷凝器和蒸发器	183
4.3.3 节流机构	188
4.3.4 辅助设备	189
4.4 蒸汽压缩式制冷系统	190
4.4.1 蒸汽压缩式制冷系统的组成	190
4.4.2 蒸汽压缩式制冷机房设计原则	192
4.4.3 制冷机系统的自动控制	195
4.4.4 蒸汽压缩式制冷机(热泵)机组	196
4.4.5 冷却水系统	200
4.5 溴化锂吸收式制冷	202
4.5.1 溴化锂吸收式制冷的工作原理	202
4.5.2 溴化锂吸收式制冷机的典型结构与流程	206

4.5.3 溴化锂吸收式制冷机的性能及其调节	208
4.5.4 溴化锂吸收式制冷机组的选用	209
4.6 空调蓄冷技术	209
4.6.1 概述	209
4.6.2 水蓄冷技术	211
4.6.3 冰蓄冷技术	215
4.6.4 共晶盐蓄冷系统	219
4.7 冷藏库设计	222
4.7.1 概述	222
4.7.2 冷库围护结构的绝热与隔汽防潮	223
4.7.3 冷库耗冷量的计算及系统形式	225
复习题	231
复习题答案与提示	237
第5章 空气洁净技术	240
5.1 洁净室空气洁净度标准与洁净室的布置	240
5.1.1 洁净室空气洁净度标准	240
5.1.2 洁净室的布置	244
5.2 空气过滤器	249
5.2.1 空气过滤器的性能指标	249
5.2.2 空气过滤器的分类	251
5.2.3 空气过滤器效率的试验方法	253
5.2.4 空气过滤器的选用及其他	255
5.3 室内外尘源	256
5.3.1 微粒大小的量度	256
5.3.2 大气尘及其特性	257
5.3.3 室内尘源	259
5.3.4 室内外的发菌量	260
5.4 洁净室的气流组织	261
5.4.1 非单向流式气流组织	263
5.4.2 单向流式气流组织	263
5.5 洁净室的压差与新风量	265
5.5.1 洁净室的压差	265
5.5.2 压差控制方式	265
5.5.3 压差风量的确定	266
5.5.4 新风量	267
5.6 洁净室的送风量	268
5.6.1 洁净室送风量的确定方法	268
5.6.2 根据空气洁净度等级确定洁净室送风量	268
5.6.3 根据室内发尘量计算送风量(理论公式)	269
5.6.4 送风量理论计算式的经验修正	271
复习题	272

复习题答案与提示	275
第 6 章 民用建筑房屋卫生设备	277
6.1 给水系统	277
6.1.1 建筑内部生活给水组成	277
6.1.2 给水方式	277
6.1.3 管网水力计算	279
6.1.4 热水供应系统组成	289
6.1.5 热水供水系统	290
6.1.6 热水加热设备	290
6.1.7 热水用水定额、水温和水质	290
6.1.8 热水供应系统计算	294
6.2 排水系统	296
6.2.1 排水系统分类、排水体制	296
6.2.2 卫生器具排水流量、当量、排水管径及排水管道最小坡度	296
6.2.3 排水管道敷设和布置原则及清通装置的要求	298
6.2.4 排水管道水力计算	299
6.2.5 排水系统通气管	301
6.2.6 雨水排水系统	303
6.3 消防系统	305
6.3.1 室内消火栓灭火系统	305
6.3.2 湿式自动喷水灭火系统	311
6.4 燃气供应	316
6.4.1 燃气的分类及性质	316
6.4.2 城市燃气管道的分类	319
6.4.3 调压器的工作原理	320
6.4.4 室内燃气供应系统	320
复习题	323
复习题答案与提示	328
参考文献	331

第1章 采 暖

考试大纲

1. 熟悉采暖建筑物围护结构建筑热工要求, 掌握冬季采暖通风系统热负荷计算方法。
2. 熟悉各类散热设备主要性能。熟悉各种采暖方式。掌握散热器采暖、热风采暖和辐射采暖的设计计算方法。
3. 掌握热水、蒸汽采暖系统设计计算方法。
4. 掌握分户热计量热水集中采暖设计方法。
5. 了解热电厂集中供热原理, 熟悉小区集中供热区域锅炉房主要组成及其功能。掌握热媒及其参数选择原则和小区集中供热热负荷的概算方法。
6. 熟悉热水、蒸汽供热系统管网设计原则, 掌握管网与热用户连接的设计方法。熟悉汽-水、水-水换热器选择计算方法, 掌握热力站设计原则。
7. 了解供热用燃煤、燃油、燃气锅炉的主要性能。熟悉小区锅炉房主要设备的选择计算方法。掌握小区锅炉房设置及工艺设计原则。

1.1 建筑热工

1.1.1 围护结构的热阻

建筑物围护结构的厚度及材料应通过传热阻计算确定。围护结构的热阻必须同时满足冬季采暖节能和保证围护结构内表面温度符合卫生标准。一般建筑物的外墙和屋顶属于均质多层材料的平壁结构, 传热阻为

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_w} = R_n + R_j + R_w \quad (1-1)$$

式中 R_0 ——围护结构的传热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$;

α_n 、 α_w ——围护结构内表面、外表面的换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ_i ——围护结构各层的厚度, m ;

λ_i ——围护结构各层材料的导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;

R_j ——由单层或多层材料组成的围护结构各材料层的热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$ 。

1.1.2 围护结构的最小传热阻

确定围护结构传热阻时, 围护结构内表面温度 τ_n 是一个最主要的约束条件。除浴室等相对湿度很高的房间外, τ_n 值应满足内表面不结露的要求, 内表面结露可导致耗热量增大和使围护结构易于损坏。室内空气温度 t_n 与围护结构内表面温度 τ_n 的温度差还要满足卫生要求。当内表面温度过低, 人体向外辐射热过多, 会产生不舒适感。根据上述要求而确定的外围护结构传热阻, 称为最小传热阻。围护结构的最小传热阻为

$$R_{0\min} = \frac{\alpha (t_n - t_w)}{\Delta t_y \alpha_n} \quad (1-2)$$

或

$$R_{0\min} = \frac{a(t_n - t_w)}{\Delta t_y} R_n \quad (1-3)$$

式中 $R_{0\min}$ ——围护结构的最小传热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$;

t_n ——冬季室内计算温度, $^\circ\text{C}$;

a ——围护结构温差修正系数;

Δt_y ——冬季室内计算温度与围护结构内表面温度的允许温差, $^\circ\text{C}$;

α_n ——围护结构内表面换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

R_n ——围护结构内表面换热热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$ 。

1.2 采暖热负荷计算

冬季采暖通风系统的热负荷, 应根据下列建筑物散失和获得的热量确定:

- (1) 围护结构的耗热量。
- (2) 加热由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量。
- (3) 加热由门、孔洞及相邻房间侵入的冷空气的耗热量。
- (4) 水分蒸发的耗热量。
- (5) 加热由外部运入的冷物料和运输工具的耗热量。
- (6) 通风耗热量。
- (7) 最小负荷班的工艺设备散热量。
- (8) 热管道及其他热表面的散热量。
- (9) 热物料的散热量。
- (10) 通过其他途径散失或获得的热量。

1.2.1 围护结构的耗热量

围护结构的耗热量包括基本耗热量和附加耗热量。

1. 建筑物围护结构的基本耗热量

围护结构的基本耗热量为

$$Q = aFK(t_n - t_{wn}) \quad (1-4)$$

式中 Q ——围护结构的基本耗热量, W ;

F ——围护结构的面积, m^2 ;

K ——围护结构的传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{wn} ——采暖室外计算温度, $^\circ\text{C}$;

a ——围护结构的温差修正系数;

t_n ——室内计算温度, $^\circ\text{C}$ 。

(1) 室内计算温度 根据《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19—1987) 规定: 冬季室内计算温度应根据建筑物的用途确定, 但当建筑物层高大于 4m 时, 冬季室内计算温度尚需符合下列规定:

- 1) 地面, 应采用工作地点的温度。
- 2) 墙、窗和门, 应采用室内平均温度。
- 3) 屋顶和天窗, 应采用屋顶下的温度。

(2) 供暖室外计算温度 《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19—1987) 规定:“供暖室外计算温度,应采用历年平均不保证 5 天的日平均温度”。

(3) 与相邻房间的温差大于或等于 5℃ 时,应计算通过隔墙或楼板等的传热量。与相邻房间的温差小于 5℃,但通过隔墙和楼板等的传热量大于该房间热负荷的 10% 时,尚应计算其传热量。

(4) 设置集中采暖的公共建筑和工业建筑,当其位于严寒地区和寒冷地区,且在非工作时间或中断使用的时间内,室内温度必须保持在 0℃ 以上,而利用房间蓄热量不能满足要求时,应按 5℃ 设置值班采暖。

2. 围护结构的附加耗热量

围护结构的基本耗热量,是在稳定条件下,按式 (1-4) 计算得出的。实际耗热量会受到气象条件以及建筑物情况等各种因素影响而有所增减。由于这些因素影响,需要对房间围护结构基本耗热量进行修正。这些修正耗热量称为围护结构附加(修正)耗热量。通常按基本耗电量的百分率进行修正。考虑了各项附加以后,某围护结构的耗热量为

$$Q_1 = Q_j (1 + \beta_{ch} + \beta_f + \beta_{li} + \beta_m) (1 + \beta_{r_g}) (1 + \beta_j) \tag{1-5}$$

式中 Q_1 ——围护结构的耗热量, W;

Q_j ——围护结构的基本耗热量, W;

β_{ch} ——围护结构的朝向修正率;

β_f ——围护结构的风力修正率;

β_{li} ——围护结构的两面外墙修正;

β_m ——围护结构窗墙面积过大修正率;

β_{r_g} ——房屋高度附加修正率;

β_j ——间歇供暖附件修正率。

(1) 朝向修正率 朝向修正耗热量是考虑建筑物受太阳照射影响而对围护结构基本耗电量的修正。采用的修正方法是按围护结构的不同朝向,采用不同的修正率。需要修正的耗热量等于垂直的外围护结构(门、窗、外墙及屋顶的垂直部分)的基本耗热量乘以相应的朝向修正率。

(2) 风力附加率 风力附加耗热量是考虑室外风速变化而对围护结构基本耗电量的修正。《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19—1987) 规定建筑在不避风的高地、河边、海岸、旷野上的建筑物以及城镇、厂区内特别高出的建筑物,垂直的外围护结构附加 5% ~ 10%。

(3) 外门附加率 外门的附加率按表 1-1 采用。

表 1-1 外门附加率

外门结构	外门附加率
一道门	65 n%
两道门(有门斗)	80 n%
三道门(有两个门斗)	60 n%
公共建筑和生产厂房的主要出入口	500 n%

注: 1. n 为建筑物的楼层。

2. 外门附加率,只适用于短时间开启的,无热风幕的外门。

3. 阳台门不考虑外门附加。

(4) 高度附加修正率 高度附加耗热量是考虑房屋高度对围护结构耗电量的影响而附加

的耗热量。民用建筑和工业企业辅助建筑物（楼梯间除外）的高度附加率：房间高度大于4m时，每高出1m应附加2%，但总的附加率不应大于15%。高度附加率，应附加于围护结构的基本耗热量和其他附加耗热量上。

(5) 两面外墙附加修正率 β_{li} 对公用建筑，当房间有两面及两面以上外墙时，将外墙、窗、门的基本耗热量增加5%。

(6) 窗墙面积过大修正率 β_m 窗墙面积比超过1:1时，对窗的基本耗热量附加10%。

(7) 间歇附加修正率 β_j 当建筑不要求全天维持设计室温，而允许定时降低室内温度时，采暖系统可按间歇采暖设计。此时除上述各项附加外，将基本耗热附加以下百分数：

1) 仅白天采暖者（例如办公楼、教学楼等）为20%。

2) 不经常使用者（例如礼堂等）为30%。

1.2.2 冷风渗入的耗热量

1. 多层和高层民用建筑

加热由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量为

$$Q = 0.28 c_p \rho_{wn} L (t_n - t_{wn}) \quad (1-6)$$

式中 Q ——由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量，W；

c_p ——空气的定压比热容， $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

ρ_{wn} ——采暖室外计算温度下的空气密度， kg/m^3 ；

L ——渗透的冷空气量， m^3/h ；

t_n ——采暖室内计算温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_{wn} ——采暖室外计算温度， $^\circ\text{C}$ 。

2. 渗透冷空气量

可根据不同的朝向，按下列式（1-7）确定

$$L = L_0 l_1 m^b \quad (1-7)$$

式中 L_0 ——在基准高度单纯风压作用下，不考虑朝向修正和内部隔断情时，通过每米门窗缝隙进入室内的理论渗透冷空气量， $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ；

l_1 ——外门窗缝隙的长度，m，应分别按各朝向可开启的门窗全部缝隙长度计算；

m ——风压与热压共同作用下，考虑建筑体型、内部隔断和空气流通等因素后，不同朝向、不同高度的门窗冷风渗透压差综合修正系数；

b ——门窗缝隙渗风指数， $b = 0.56 \sim 0.78$ ，当无实测数据时，可取 $b = 0.67$ 。

3. 多层建筑的渗透冷空气量

当无相关数据时，可按式（1-8）计算

$$L = kV \quad (1-8)$$

式中 V ——房间体积， m^3 ；

k ——换气次数，次/h。

1.3 采暖系统及设备

1.3.1 采暖系统分类

按热媒的种类不同，采暖系统分热水和蒸汽两个系统，在民用、工业建筑中多用热水系

统，而在工业建筑中尚有应用蒸汽系统的工程。

1. 热水采暖系统

以热水作为热媒的采暖系统，称为热水采暖系统。从卫生条件和节能等考虑，民用建筑应采用热水作为热媒。热水采暖系统也用在生产厂房及辅助建筑物中。

热水采暖系统，可按下述方法分类：

(1) 按系统循环动力的不同，可分为重力（自然）循环系统和机械循环系统 靠水的密度差进行循环的系统，称为重力循环系统；靠机械（水泵）力进行循环的系统，称为机械循环系统。

(2) 按供、回水方式的不同，可分为单管系统和双管系统 热水经立管或水平供水管顺序流过多组散热器，并顺序地在各散热器中冷却的系统，称为单管系统。热水经供水立管或水平供水管平行地分配给多组散热器，冷却后的回水自每个散热器直接沿回水立管或水平回水管流回热源的系统，称为双管系统。

(3) 按系统管道敷设方式的不同，可分为垂直式和水平式系统。

(4) 按热媒温度的不同，可分为低温水采暖系统和高温水采暖系统。

2. 蒸汽采暖系统

按照供汽压力的大小，将蒸汽采暖分为三类：供汽的表压力高于 0.07MPa 时，称为高压采暖；供汽的表压力等于或低于 0.07MPa 时，称为低压蒸汽采暖；当系统中的压力低于大气压力时，称为真空蒸汽采暖。

按照蒸汽干管布置的不同，蒸汽采暖系统可有上供式、中供式、下供式三种。

按照立管的布置特点，蒸汽采暖系统可分为单管式和双管式。目前国内绝大多数蒸汽系统采用双管式蒸汽采暖系统。

按照回水动力不同，蒸汽采暖系统可分为重力回水和机械回水两类。高压蒸汽采暖系统都采用机械回水方式。

1.3.2 重力循环热水采暖系统

1. 工作原理

在热水采暖中，以不同温度的水的密度差为动力而进行循环的系统，称为重力循环系统，如图 1-1 所示。

2. 重力循环热水采暖系统的主要型式

重力循环热水采暖系统主要分双管和单管两种型式：

(1) 单管上供下回式系统 图 1-2 为单管上供下回式系统示意图。图中左侧为常规单管跨越式，即流向三层和二层散热器的热水分成两部分，一部分直接进入该层散热器，而另一部分则通过跨越管与本层散热器回水混合后再流向下层散热器。这样顺序经过各层散热器的热水，逐渐地被冷却，最后流回锅炉被再次加热。有时，也可以在跨越管上增加阀门，形成如图 1-2 左侧中部所示的形式。这时，设置在跨越管上的阀门在系统调试前是关闭的，系统调试时，用它来调节热水流量，以缓和上热下冷的弊病。该阀门建议采用钥匙阀，以避免调试后用户任意启闭，影响平衡。

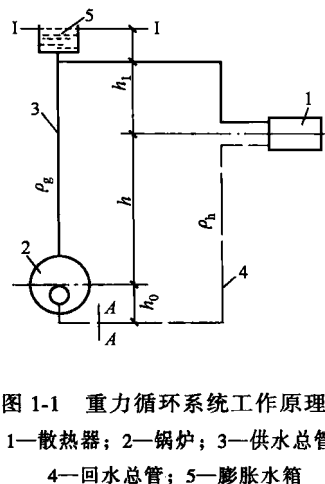


图 1-1 重力循环系统工作原理图
1—散热器；2—锅炉；3—供水总管；
4—回水总管；5—膨胀水箱

图 1-2 的右侧部分为单管串联式，亦称单管顺序式。即流经立管的热水，由上而下顺序通过各层散热器，逐层被冷却，最后经回水总管流回锅炉。由于此系统各层散热器管上不安装阀门，所以房间温度也就不能任意调节。

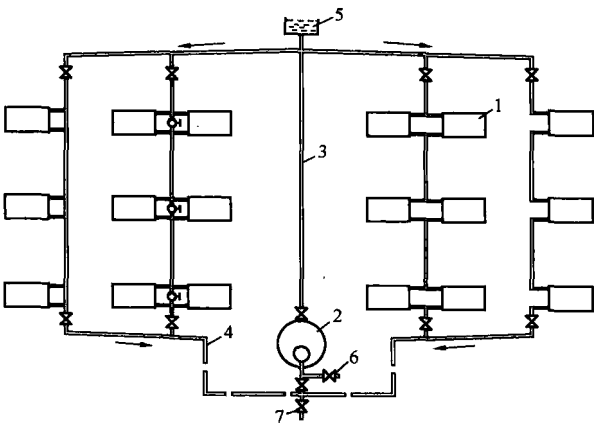


图 1-2 单管上供下回式系统

1—散热器；2—锅炉；3—供水管；4—回水管；5—膨胀水箱；
6—上水管；7—排水管

(2) 双管上供下回式系统 图 1-3 为双管上供下回式系统。该系统的特点是，各层的散热器都并联在供回水立管间，使热水直接被分配到各层散热器，而冷却后的水，则由回水支管经立管、干管流回锅炉。

在图 1-3 的双管系统里，由于热水同时在上、下两层散热器内冷却，所以形成了两个冷却中心和两个并联支路，它们的作用压力分别为

$$\Delta p_1 = gh_1(\rho_h - \rho_g) \tag{1-9}$$

和
$$\Delta p_2 = g(h_1 + h_2)(\rho_h - \rho_g) = \Delta p_1 + gh_2(\rho_h - \rho_g) \tag{1-10}$$

故
$$\Delta p_2 - \Delta p_1 = gh_2(\rho_h - \rho_g) \tag{1-11}$$

这个差值说明上层散热器环路比下层散热器环路增加了作用压力。所以，计算上层环路时，必须计算这个差值。

在双管系统中，由于各层散热器与锅炉的相对位置不同，所以相对高度由上向下逐层递减，尽管水温变化相同，但也将形成上层作用压力大、下层作用压力小的现象。如果选用不同管径后仍不能使各层的压力损失达到平衡，则必然会出现上热下冷的所谓垂直失调。而且，楼层数越多，上下环路的差值越大，失调现象将越严重。为此，在多层建筑中，采用单管系统要比双管系统可靠得多。

1.3.3 机械循环热水采暖系统

1. 机械循环热水采暖系统特点

机械循环热水采暖系统的特点是系统中设有循环水泵，使系统中的热媒进行强制循环。由于水在管道内的流速大，所以它与重力循环系统相比，具有管径小、升温快的特点。但因系统中增加了循环水泵，因而需

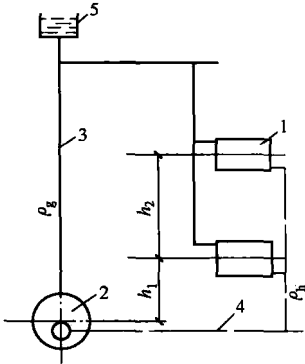


图 1-3 双管上供下回式系统

1—散热器；2—锅炉；3—供水管；
4—回水管；5—膨胀水箱